

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
PatentavdelningenS00/00470  
09/914955

RECD 09 MAY 2000

PCT

PCT

Intyg  
Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

(4) #6  
P.A.DECO  
f. Tallek

(71) Sökande      CelsiusTech Electronics AB, Järfälla SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer      9900885-6  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum      1999-03-12  
Date of filing

Stockholm, 2000-04-27

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

Görel Gustafsson

Avgift  
Fee

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Kvantbrunnsbaserad och tvådimensionell detektor för IR-strålning och kamerasystem med sådan detektor.

5

Föreliggande uppfinning avser en kvantbrunnsbaserad och infraröd strålning avkänande, tvådimensionell detektor som på sin detektoryta mottar infallande infraröd strålning med olika infallsvinklar inom ett område om  $0-30^\circ$  i förhållande till ytans normal. Detektorn innehåller ett gitterarrangemang för diffraction av den infallande strålningen. Uppfinningen avser även ett kamerasystem för infraröd strålning och innehållande optik med bländare och kylhet samt en kvantbrunnsbaserad, tvådimensionell detektor som mottar den via bländaren under olika infallsvinklar inom ett område av  $0-30^\circ$  i förhållande till detektorytans normal infallande infraröda strålningen. Detektorn innehåller därvid ett gitterarrangemang för diffraction av den infallande strålningen.

10 15

Det är känt att utnyttja diffractionsgitter av olika slag för att höja känsligheten hos en kvantbrunnsbaserade infraröd strålning avkänande detektor, en s.k. QWIP-detektor (Quantum Well Infrared Photodetector). Det kan därvid hänvisas till det svenska patentet 9101034 och de amerikanska patenten 5 075 749 och 5 506 419. QWIP-detektorn i sig är helt okänslig för strålning som infaller vinkelrätt mot ytan, men genom införandet av ett gitter ändras riktningen på den infallande strålningen så att denna kan absorberas i detektorstrukturen. Gittet anpassas normalt så att detektorn blir mest känslig för vinkelrätt mot detektorytan infallande strålning.

20 25

Det är i och för sig känt att utnyttja dylika detektorer i IR-kamerasystem, i vilka detektorn kombineras med optik och kylanordning. En viktig komponent härvidlag är den s.k. kalla bländaren, som vanligen är integrerad med detektorn i en vakuumbehållare (dewar). Den kalla bländaren begränsar infallsvinklarna hos strålningen som träffar detektorn.

30

En QWIP-detektor som är försedd med inkopplingsgitter enligt ovan blir normalt känslig inom ett förhållandevis smalt vinkelområde. I synnerhet gäller detta när man utnyttjar gitterarrangemang enligt nämnda svenska patent, där gitterkonstanten eller gitterperioden

är vald så att diffraktionsvinkelarna är nära  $90^\circ$ . Det räcker därvid med en mycket liten ändring av infallsvinkel för att diffraktionsvinkelns skall bli över  $90^\circ$  i förhållande till detektorytans normal, varvid den aktuella diffrakterade strålen försvinner som aktiv komponent i avkänningen, vilket medför att en plötslig minskning av inkopplingsverkningsgraden uppkommer.

För att strålningen skall kunna registreras av detektorn krävs att infallsvinkelarna hos strålningen ligger inom ett vinkelområde där detektorn är känslig. För punkter som ligger mitt på detektorn, dvs mitt för den kalla bländaren, kommer alla dessa strålar att ligga inom ett vinkelområde kring  $0^\circ$ , vilket medför att den mesta av denna strålningen kan registreras. Däremot gäller för punkter i kanten av detektorytan att strålarna infaller huvudsakligen i sneda vinkar, där förut kända detektorer har dålig känslighet. Detta har visats i figurerna 1 och 2 där A visar strålningen via den kalla bländaren mot detektorytans mitt och B visar strålningen via den kalla bländaren mot detektorytans ytterkant. Det föreligger ett behov av att kunna erhålla jämn känslighet över hela detektorytan för att kunna uppnå bättre bildkvalitet. Uppfinningen avser att lösa bl.a. detta problem.

I anslutning till kamerasystem föreligger även önskemål om att kunna göra optiken mindre och minska kylbehovet i systemet. Uppfinningen avser att lösa även detta problem.

Det som huvudsakligen kan anses vara kännetecknande för en detektor enligt uppföringen är att gitterarrangemanget är valt med en gitterperiod som varierar eller förändrar sig från detektorns eller detektorytans mittra del och ut mot detektorns respektive detektorytans yttra delar eller omkretsdelar. Ett ytterligare kännetecken är att gitterperiodens variation eller förändring är anordnad för eller bidrar till att i avkänningen bibehålla diffrakterade strålar av ordningarna 1 och -1 som aktiva komponenter över hela detektorytan genom att anpassa de diffrakterade strålnas vinkelvärden i beroende av infallsvinkelarna på den infallande strålningen vid detektorytans olika delar.

I utföringsformer av uppföringstanken föreslås att gitterperioden skall variera linjärt eller stegvis. I gitterarrangemanget ingående element varierar i gitterarrangemangets horisontalsnitt sina konfigurationsstorlekar och/eller konfigurationer och är t.ex. kvadratiska.

tiska vid detektorytans mitre delar och övergår i rektangulära former vid gitterarrangemangets sträckning ut mot detektorytans yttre delar eller omkretsdelar. Ytterligare utföringsformer av uppfindingstanken framgår av efterföljande underkrav till detektoruppgnaden.

5

Det som huvudsakligen kan anses vara kännetecknande för ett kamerasytem enligt uppfindingen är att gitterarrangemanget i likhet med ovan är valt med en gitterperiod som varierar eller förändrar sig från detektorns mitre del och ut mot detektorns yttre delar och att gitterperioden eller förändringen är vald att diffraktera strålen som passerar vid blandarens kant, dvs strålen med den största infallsvinkeln, med ett värde intill eller exakt lika med  $90^\circ$  i förhållande till detektorytans normal. Övriga strålar som passerar blandaren kommer då att deffrakteras med mindre vinklar än det förstnämnda värdet, men ändå är nära  $90^\circ$ . Nämnda värden väljs företrädesvis inom området ca  $85^\circ - 90^\circ$ .

10 15 Genom det i ovan föreslagna erhålls en utjämnad och mer stabil känslighet utefter hela detektorytan som enligt ovan ger bättre bildkvalitet. I anslutning till det nya kamerasytemet kan detta förfinas ytterligare i förhållande till den kända tekniken.

## FIGURFÖRTECKNING

20

En för närvärande föreslagen utföringsform av en detektor och ett kamerasytem enligt uppfindingen skall beskrivas i nedanstående under samtidig hänvisning till bifogade ritningar där

25 figur 1 i principschemaform och från sidan visar genom en blandare mot en detektorytas mitt infallande IR-strålning enligt i och för sig känd teknik,

figur 2 i principschemaform och från sidan visar den via blandaren mot detektorns ytterkant infallande strålningen relaterade till detektorns känslighetsområde, varvid figuren visar fallet för den kända tekniken,

30

figur 3 i horisontalvy underifrån och principiellt visar ett detektorn tillhörande nytt gitterarrangemang i ett första utförande, varvid figuren inte är visad skalenlig.

5       figur 4 i horisontalvy underifrån och principiellt visar ett andra nytt utförande av detektorns gitterarrangemang, varvid figuren ej är visad skalenlig,

figur 5 i diagramform visar linjärt ökande gitterperiod från detektorytans mitt ut mot detektorytans ena ytterkant,

10      figur 6 i diagramform visar gitterperiodens stegvisa ökning eller förändring från detektorytans mitt och ut mot detektorns ena ytterkant,

15      figur 7 i principschemaform visar fallet där diffrakterad stråle går förlorad som aktiv komponent i återgivningen i anslutning till detektorer av känt slag, och

20      figur 8 i principschemaform visar diffrakteringen av den under vinkel via bländaren mot detektorytan infallande infraröda strålningen i enlighet med uppförningen, varvid strålen mot detektorytans första kant återgivits.

Figurerna 1 och 2 är i första hand hänförbara till problematiken som är knuten till förut kända detektorer och kamerasystem. I figuren 1 anges ett strålningsområde A för den infallande infraröda strålningen som träffar detektorn 1, vid dess detektorytas 1a mittre delar 1b. Detektorn 1 kan vara av i och för sig känt slag och det hänvisas härvid till de inledningsvis omnämnda svenska och amerikanska patenten som anger uppbyggnaden på en s.k. QWIP-detektor. En s.k. kall bländare är angiven med 2. Den centralt infallande strålningen är visad med pilar och linjer 3 och 4. Detektorn är huvudsakligen känslig inom ett område som är representerat med en vinkel  $\alpha$ . Av figuren framgår att känslighetsområdet (konen) täcker hela bländarens öppning 2a. Den infallande strålningen 3, 4 faller innanför detektorns känslighetsområde 5, 6 i hela sin utsträckning, vilket indikerar en stor känslighetsgrad hos detektorn för den infallande strålningen.

I figuren 2 visas att detektorns 1' känslighetsområde vid detektorytans 1a' ytterkant 1c endast delvis är tillgängligt för den under sneda vinklar infallande infraröda strålningen, vars område angivits med  $\beta$ . Endast en mindre del kan således registreras av detektorn, vilket ger lägre känslighetsgrad vid detektorns mottagning av den infallande sneda strålningen. Detektorns känslighetsområde täcker endast en del av den infallande strålningen 5 3', 4'. Jämför även de streckade linjerna 5', 6' i figuren 2 som visar att detektorns känslighetsområde endast delvis täcker öppningen 2a' på bländaren. I figuren 2 visas dessutom principiellt uppbyggnaden av en IR-kamera K baserad på QWIP-detektorn 1'. I kameran ingår en optik O och en kylenhet KE. Nämnda komponenter är i och för sig 10 kända och på i och för sig känt sätt inbyggda i en kamerastomme KS. I figuren 2 är bländarens diameter angiven med D och avståndet mellan bländare och detektorns ovan- yta 1a' med S.

I enlighet med uppfinningen skall gitterstrukturen anpassas efter infallsvinkeln hos den 15 infallande strålningen. Detta innebär företrädesvis att gitterperioden blir längre i kanten av detektorn än i mitten. Gittet är företrädesvis tvådimensionellt för att vara okänsligt för strålningens polarisation. I figuren 3 är ett gitterarrangemang visat från ifrågavarande detektors undersida. Detektorn är i princip angiven med 1''. Gitterelementen är i utföringsexemplet utformade med fyrkantsformade konfigurationer. Vid gitterarrangemanget 20 eller detektorns mitre delar 1d är gitterelementen väsentligen kvadratiska, medan de vid detektorns ytterkant 1e är väsentligen rektangelformade. Ett gitterelement är i figuren 3 angivet med 1f. Figuren är ej visad skalenlig, utan utgör endast en principskiss.

I enlighet med en första utföringsform av uppfinningstanken varierar gitterperioden 25 linjärt från detektorns mitt 1d ut mot detektorns ytterkant 1e.

Nämnda variation eller förändring av gitterperioden kan i enlighet med figuren 4 anordnas stegformigt och ökande ut från detektorns mitre del 1d' till detektorns ytterkant 1e'. I utföringsexemplet enligt figuren 4 är den stegvisa ökningen i gitterarrangemanget 30 anordnat med hjälp av bandliknande formationer 1g och 1h som i princip korsar varandra vid detektorns mitre delar 1d'. På så sätt erhålls i området som täckes av både bandet 1g och 1h en första täthet i gitterarrangemanget. I delar som var för sig täckes av de bandformade arrangemangen 1g och 1h erhålls en andra täthet i gitterarrangemanget. I

hörnen av gitterarrangemangen som är symboliserade med  $l_1$  erhålls en tredje täthet för gitterarrangemanget. Hörnen  $l_1$  korsas inte av de bandformade strukturerna  $l_g$  och  $l_h$ . Gitterperioden är mindre vid de mittra delarna och ökar utåt mot de yttre delarna.

5 Gitterarrangemangen kan sprida sig från detektorytans mittra delar ut mot detektorytans yttre kanter med ökande gitterperiod eller steg i princip alla riktningar som i figur 1 är indikerade med  $l_k$ ,  $l_l$ ,  $l_m$  respektive  $l_k'$ ,  $l_l'$ ,  $l_m'$ .

Figuren 5 är avsedd att visa den linjärt ökande gitterperioden i gitterarrangemanget  
10 räknat från detektorns  $l_1''$  mittra del  $l_1d$  vinkel ut mot dess raka ytterkant  $l_1e$ . På motsvarande sätt avser figuren 6 att visa den stegvist ökande gitterperioden från detektorns  $l_1'''$  mitt  $l_1d'$  vinkelrätt ut mot ytterkanten  $l_1e'$  i figuren 4.

Figuren 7 avser att visa fallet vid den tidigare kända tekniken. I detta fall är bländaren  
15 principiellt angiven med  $2a''$  och den infallande strålen med den största vinkeln mot detektorns ovanya  $l_1a''$  med 7. Figuren 7 avser att visa att diffrakterad stråle av ordningen (1) har erhållit en vinkel  $\beta$  i förhållande till ytans normal 8 som är större än  $90^\circ$ . Detta innebär att ifrågavarande stråle går förlorad som aktiv komponent i avkänningen eller registreringen. I figuren 7 är en vinkel  $\delta$  angiven mellan den infallande strålningen  
20 och ytans normal 8. Sistnämnda maxvinkel väljs företrädesvis inom området  $0-45^\circ$ .

I figuren 8 visas förbättringen enligt uppfinningen. Den infallande strålningen 7' som  
motsvarar den infallande strålningen 7 enligt figuren 7 diffrakteras med diffraktionsstrålarna av ordningarna 1 och -1 enligt figuren. Genom lämpligt val av gitterperiod  
25 kommer diffraktionsstrålen av ordningen 1 att anta ett värde  $\beta'$  som är  $90^\circ$  eller mycket nära  $90^\circ$ , vilket medför att strålen ifråga kan bibehållas som aktiv komponent, vilket ger upphov till att känsligheten hos detektorn ökar.

I en föredragen utföringsform väljs gitterperiodens variation utefter detektorytan i enlighet med följande. Utgångspunkten är därvid en given bländardiameter  $D$  (se figuren 2) på avståndet  $S$  (se figuren 2) från detektorns yta  $l_1a'$ . En gitterperiod  $d(x)$  för en punkt på avståndet  $x$  (se figuren 2) från detektorns mitt  $l_1d$  (se figuren 3) väljs på så sätt att den stråle som har största infallsvinkel diffrakteras i precis  $90^\circ$  i förhållande till normalen.

Denna stråle passerar precis kanten av bländaren. Alla andra strålar som släppes igenom har mindre infallsvinkel och diffrakteras därför i vinklar mindre än, men nära  $90^\circ$  (se ovan). Matematiskt uttryckt blir gitterperioden:

$$5 \quad d(x) = \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha_{0\max}(x)}$$

där  $\lambda$  är våglängden,  $n$  är gittersubstratets brytningsindex och  $\alpha_{0\max}(x)$  är maximala infallsvinkel och ges av formeln:

10

$$\tan \alpha_{0\max}(x) = \frac{x+D/2}{S}$$

I en annan föredragens utföringsform väljs gitterperioden enligt en förenklad metod, härledd ur ovan beskriven metod, genom att approximera  $\sin \alpha_{0\max}$  och  $\tan \alpha_{0\max}$  med  $\alpha_{0\max}$ .

15 Då ges gitterperioden av

$$d(x) = \frac{\lambda}{n} \left( 1 + \frac{D}{2nS} + \frac{x}{nS} \right)$$

det vill säga, gitterperioden varierar linjärt från mitten ut till kanten.

20

I ett utföringsexempel väljes därvid värdena  $\lambda = 9 \mu\text{m}$ ,  $D = 7 \text{ mm}$  och  $S = 14 \text{ mm}$ . För substratet eller materialet GaAs är  $n = 3,28$ . Vid detektorns mitt erhålls  $d = 2,95$ . Vid kanten, t.ex. 8 mm från mitten blir  $d = 3,43 \mu\text{m}$ . I ett utföringsexempel väljes  $d$  vid detektorns mitt inom ett område  $2,5 - 3,0 \mu\text{m}$  och vid detektorns ytterkant inom ett område  $3,0 - 3,5 \mu\text{m}$ , varvid de högre värdena är relaterade till varandra inom de båda områdena, liksom de lägre värdena.

Val av gitterperioden  $d$  för värden för  $\beta'$  lika med eller nära  $90^\circ$  erhålls medelst

$$30 \quad \frac{\sin \alpha_0}{n} + \sin \beta_m = \frac{m\lambda}{nd}$$

Det i ovan omnämnda gitterarrangemanget har erhållit beteckningen 9 i figuren 3 och en kurva för periodiciteten enligt figuren 3 har i figuren 5 erhållit beteckningen 10, medan periodiciteten enligt figuren 4 har erhållit beteckningen 11 i figuren 6.

- 5 Upptäckningen är inte begränsad till den i ovan såsom exempel visade utföringsformen utan kan underkastas modifikationer inom ramen för efterföljande patentkrav och uppfinningstanken.

## PATENTKRAV

1. Kvantbrunnsbaserad och infraröd strålning (3, 4) avkänande, tvådimensionell detektor (1) som på sin detektoryta (1a) mottar infallande infraröd strålning med olika infallsvinklar, företrädesvis inom ett område  $0-45^\circ$ , i förhållande till ytans normal (8) samt innehållande ett gitterarrangemang (1f) för diffraction av den infallande strålningen, **kännetecknad** därav, att gitterarrangemanget är valt med en gitterperiod som varierar eller förändrar sig från detektorns mittra del (1d) och ut mot detektorns yttre delar (1e) eller omkretsdelar, och att gitterperiodens variation eller förändring är anordnad eller bidrar till att i avkänningen bibehålla diffrafterade strålar av ordningarna 1 och -1 som aktiva komponenter över hela detektorytan genom att anpassa de diffrafterade strålarnas vinkelvärden i beroende av infallsvinklarna ( $\alpha$ ) på den infallande strålningen vid detektorytans olika delar.
- 15 2. Detektor enligt patentkravet 1, **kännetecknad** därav, att gitterperioden varierar linjärt.
3. Detektor enligt patentkravet 1, **kännetecknad** därav, att gitterperioden varierar stegvis.
- 20 4. Detektor enligt patentkravet 1, 2 eller 3, **kännetecknad** därav att i gitterarrangemanget (9) ingående element (1f) i gitterarrangemangets horisontalsnitt varierar sina konfigurationsstorlekar och/eller konfigurationer och t.ex. är kvadratiska vid detektorytans mittre del (1d) och övergår i rektangulära former vid gitterarrangemangets (9) sträckning ut mot detektorytans yttre delar (1e) eller omkretsdelar.
- 25 5. Detektor enligt något av föregående patentkrav, **kännetecknad** därav, att gitterarrangemangets period (10, 11) är vald så att detektorns avkänning eller känslighet blir väsentligen densamma över detektorns hela yta (1a).

6. Detektor enligt något av föregående patentkrav, kännetecknad därav, att gitterperioden ökar med avståndet från detektorns mittre delar ut mot dess ytter delar eller omkretsdelar (1e).

5

7. Detektor enligt patentkravet 1 eller något av patentkraven 2-6, kännetecknad därav, att gitterperioden varierar enligt

$$d(x) = \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha_{0\max}(x)}$$

10

där  $\lambda$  är våglängden,  $n$  är gittersubstratets brytningsindex och  $\alpha_{0\max}(x)$  är maximala infallsvinkeln och ges av formeln

$$\tan \alpha_{0\max}(x) = \frac{x + D/2}{S}$$

15

8. Detektor enligt patentkravet 7, kännetecknad därav, att gitterperioden är vald med hjälp av approximation av  $\alpha_{0\max}$  och  $\tan \alpha_{0\max}$  med  $\alpha_{0\max}$ , varvid gitterperioden framgår av

$$d(x) = \frac{\lambda}{n} \left( 1 + \frac{D}{2nS} + \frac{x}{nS} \right)$$

20

dvs gitterperioden varierar linjärt från mitten ut till kanten.

9. Detektor enligt patentkravet 1 eller något av patentkraven 2-7, kännetecknad därav, att gitterperioden uppvisar värden av ca 2,5-3,0 mikrometer vid detektorns mitt och ca 3,0-3,5 mikrometer vid detektorns ytter delar, varvid de högre värdena inom de båda områdena är hämförbara till varandra och de lägre värdena inom de båda områdena är hämförbara till varandra.

10. Kamerasytem för infraröd strålning och innefattande optik (O) med bländare (2) och kylenhet (KE) samt en kvantbrunnsbaserad, tvådimensionell detektor (1) som mottar den via bländaren under olika infallsvinklar ( $\alpha$ ), företrädesvis inom ett område av  $0-45^\circ$ , i förhållande till detektorytans normal (8) infallande infraröda strålningen (3, 4), varvid detektor innefattar ett gitterarrangemang för diffraktering av den infallande strålningen, kännetecknad därav, att gitterarrangemanget är valt med en gitterperiod

30

som varierar eller förändrar sig från detektorns mittre del och ut mot detektorns yttre delar, och att gitterperioden eller förändringen är vald att diffraktera strålen ( $7'$ ) som passerar vid blandarens ( $2a''$ ) kant, dvs strålen med den största infallsvinkeln, med ett värde intill eller exakt lika med  $90^\circ$  och att diffraktera strålar med mindre infallsvinkelar med värden som understiger det förstnämnda värdet, men ändå är nära  $90^\circ$ , vilka värden företrädesvis är valda inom området  $85^\circ - 90^\circ$ .

## SAMMANDRAG

En kvantbrunnsbaserad och infraröd strålning avkännande tvådimensionell detektor (1) mottar på sin detektoryta (1a) infallande infraröd strålning med olika infallsvinklar. Detektorn innehåller ett gitterarrangemang för diffraktering av den infallande strålningen. Arrangemanget är valt med en gitterperiod som varierar eller förändrar sig från detektorns mittra del och ut mot detektorns yttre delar. Gitterperiodens variation eller förändring är anordnad att i avkänningen bibehålla diffrakterade strålar av ordningarna 1 och -1 som aktiva komponenter över hela detektorytan genom att anpassa de diffrakterade strålarnas vinkelvärden i beroende av infallsvinklarna på den infallande strålningen vid detektorytans olika delar.

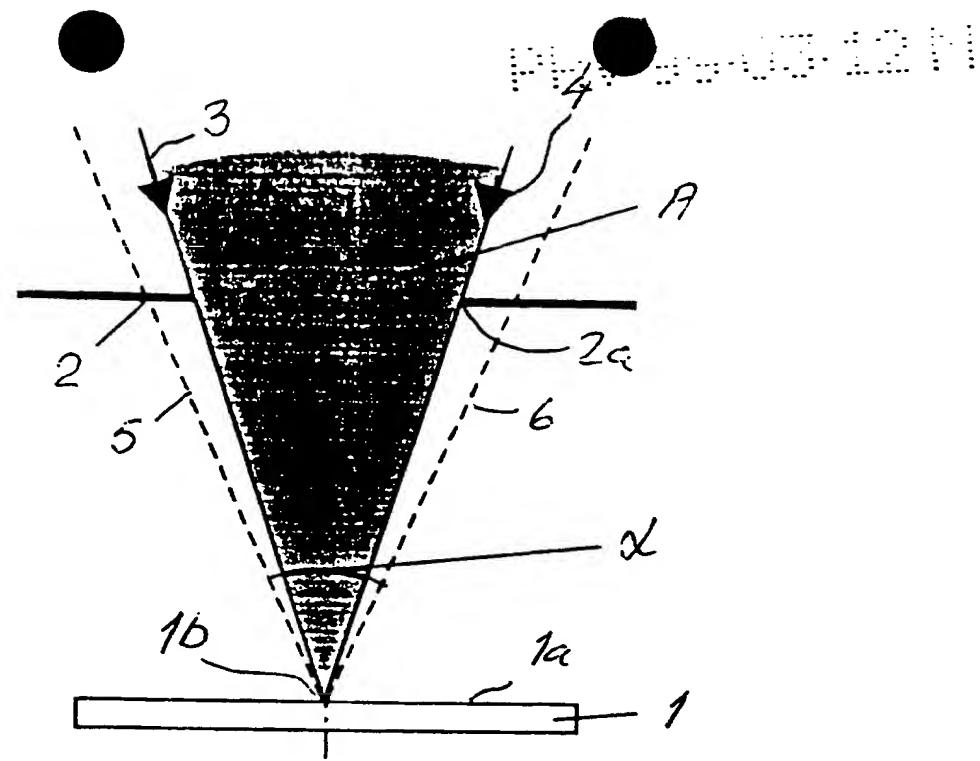


Fig 1

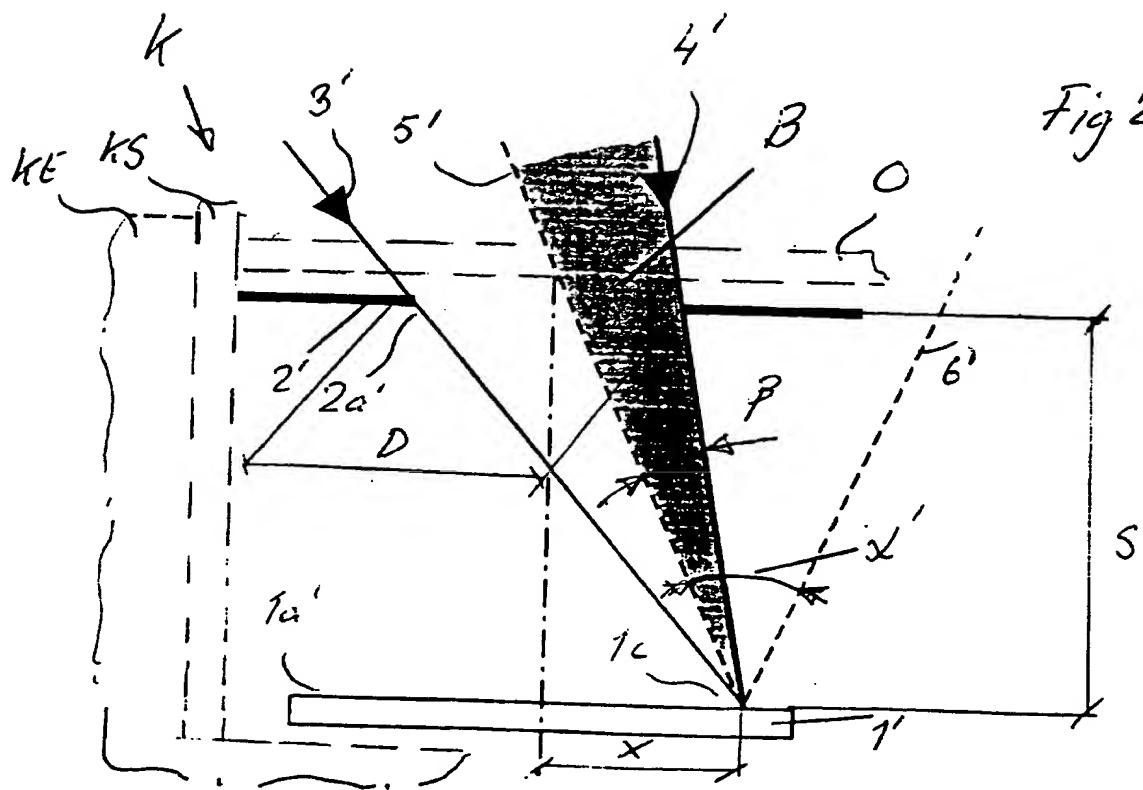


Fig 2

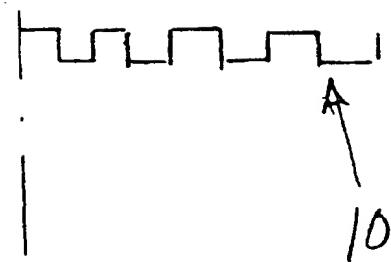
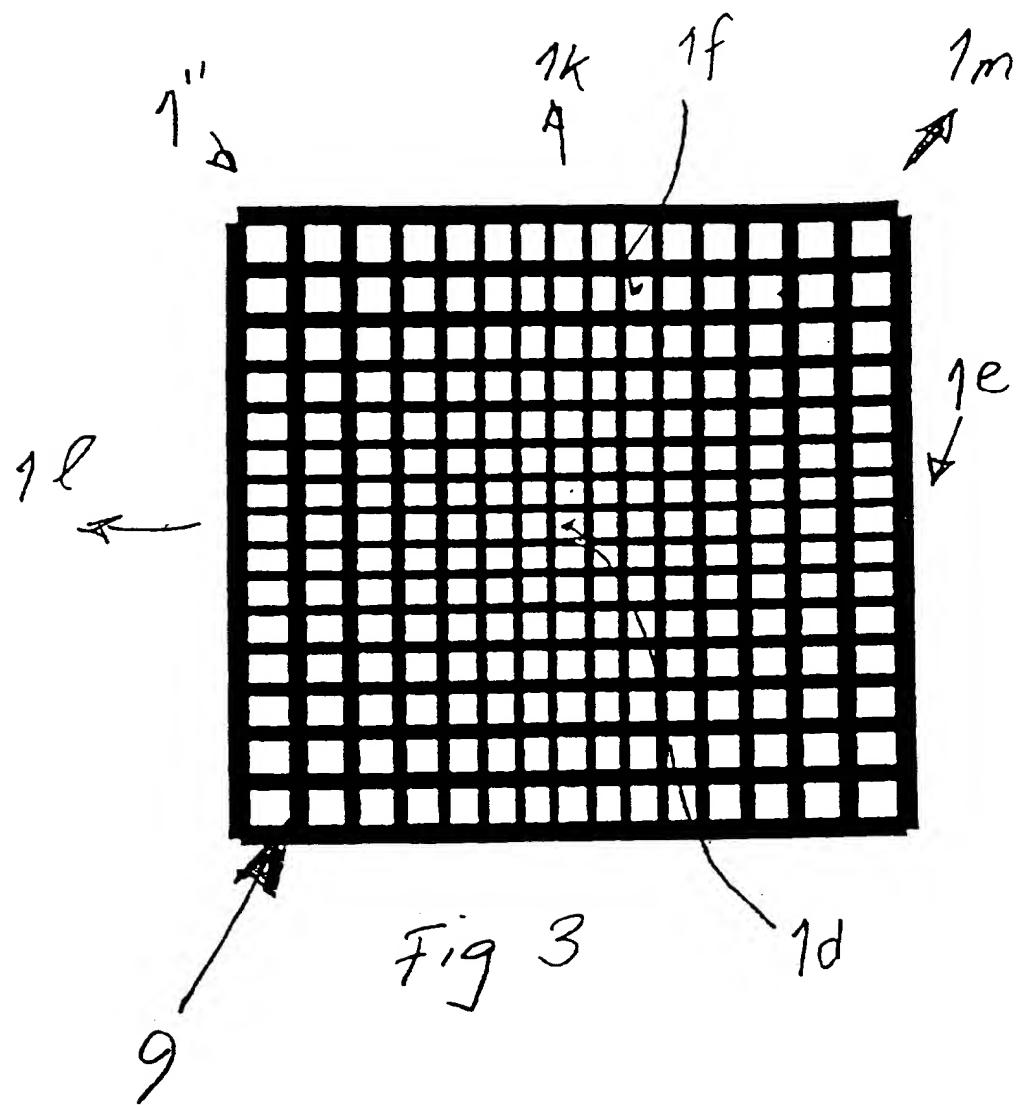


Fig 5

